



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 101 11 704.3

Anmeldetag: 12. März 2001

Anmelder/Inhaber: Ivoclar Vivadent AG, Schaan/LI

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung eines Kunststoffteils

IPC: B 29 C, A 61 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Juni 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
im Auftrag

Weihmayr

Firma
Ivoclar Vivadent AG

FL-9494 Schaan
Liechtenstein

Dipl.-Ing. R. SPLANEMANN
Dipl.-Chem. Dr. B. REITZNER
Dipl.-Ing. K. BARONETZKY
Dr. M. WESTENDORP, M.phil. (Cantab)

80469 MÜNCHEN 12. März 2001
RUMFORDSTRASSE 7
TELEFON: +49(0)89 22 62 07
TELEFAX: +49(0)89 29 76 92

UNSERE AKTE: 2657-I-20.576

IHR ZEICHEN:

Patentanmeldung

Verfahren zur Herstellung eines Kunststoffteils

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Kunststoffteils, bei dem eine Unterlage bereitgestellt und auf diese wenigstens ein Material für das Kunststoffteil schichtweise über eine Düsenanordnung aufgetragen wird, wobei nach dem Auftragen einer oder mehrerer Schichten eine Aushärtung erfolgt, bevor weitere Schichten aufgetragen werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht ein polymerisierbarer Kunststoff mit einer solchen Viskosität ist, mit der die Verarbeitung des Kunststoffes mit der Düsenanordnung in unpolymerisiertem Zustand

erfolgen kann, und dass diese Schicht von der Düsenanordnung beabstandet polymerisiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Schichten in Tropfenform aufgebracht werden, die Tropfen beim Auftreffen auf die Unterlage oder die vorher aufgetragenen Schichten ihren Aggregatzustand oder ihre Viskosität ändern, so dass die Schicht mechanisch belastbar oder mechanisch bearbeitbar wird.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Polymerisation mittels elektromagnetischer Strahlung, insbesondere Licht, wie IR-Licht, sichtbares und/oder UV-Licht erfolgt, wobei die Düsen während der Polymerisation gegen die elektromagnetischen Strahlen abgeschirmt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jede Schicht nicht vollständig durchpolymerisiert, sondern soweit polymerisiert wird, dass sie eine ausreichende Festigkeit für das Auftragen der nächsten Schicht über ein dreidimensionales Druckverfahren aufweist und dass sie in dem nächsten und den folgenden Schritten fertig polymerisiert wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Material ein polymerisierbares wachsartiges Dentalmaterial ist, das bis 70 Gew.-% mindestens eines polymerisierbaren Monomers und/oder Oligomers, 0,01 bis 10 Gew.-%, bevorzugt 0,5 bis 5 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt 0,5 bis 2 Gew.-% eines Polymerisationsinitiators und mindestens 20 Gew.-% einer Mischung aus wachsartigen oder flüssigen Monomeren sowie Farbpigmente enthält und in einem geringen Bereich einer Temperaturänderung eine Änderung des Aggregatzustands oder der Viskosität besitzt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass anstelle der Polymerisation oder zusätzlich zur Polymerisation eine Polyaddition eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Material vor dem Auftragen erwärmt wird, jedoch deutlich unterhalb der Polymerisationstemperatur.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Härtung, vorzugsweise Lichthärtung, eine thermische Nachbehandlung vorgenommen wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Material als wachsartige polymerisierbare Substanz einen Ester einer Carbonsäure mit einem polymerisationsfähigen Alkohol oder einen Ester eines Alkohols mit einem polymerisationsfähigen Carbonsäurederivat mit einem Gewichtsanteil von etwa 20 bis 99.99% enthält.
10. Verfahren zur Herstellung einer Dentalrestauration, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verfahren gemäß Anspruch 1 zur Herstellung von Zahnersatzteilen, vorzugsweise Prothesengrundkörpern, eingesetzt wird, und dass für deren Herstellung ein eingefärbtes Material oder Materialien in unterschiedlichen Farben verwendet werden.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass im Arbeitsbereich der Düsenanordnung gleichzeitig mehrere Dentalrestaurationen parallel hergestellt werden.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die oberste, der Düsenanordnung am nächsten liegende aufzubringende Schicht eine größere Transparenz als die darunterliegenden Schichten aufweist.
13. Verfahren nach einem Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekenn-

zeichnet, dass als erste Schicht die oberste Schicht der Restauration aufgebracht wird und daß bei Aufbringen einer folgenden Schicht die zuletzt aufgebrachte als Form für die folgende verwendet wird.

14. Dentalrestaurationsteil, dadurch gekennzeichnet, dass es durch eine dreidimensionale Drucktechnik unter Anwendung von zwischengeschalteten Polymerisationsschritten während des Schichtaufbaus hergestellt ist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Kunststoffteils, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Aus der DE 196 42 247 ist ein Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz bekannt, bei dem zunächst dreidimensionale Reproduktionsdaten erfasst und für die Herstellung des Zahnersatzes aufbereitet werden. Bei diesem Verfahren wird eine elektronisch gesteuerte Werkzeugmaschine eingesetzt, um eine schnelle Erzeugung eines Prototypen zu gewährleisten. Zwar lässt sich mit diesem Verfahren der Zahnersatz recht genau herstellen. Das Herstellverfahren ist jedoch recht aufwendig und bedingt eine elektronisch gesteuerte Werkzeugmaschine, die mittels eines Fräsverfahrens die gewünschte Bearbeitung vornimmt.

Dieses Verfahren hat jedoch Nachteile, denn es entstehen Abfälle und Verunreinigungen, die in der zahnärztlichen Praxis nicht tolerierbar sind, auch wenn der Einsatz in Dentallabors möglich ist.

Ferner ist es an sich bekannt, eine dreidimensionale Drucktechnik für die schnelle Herstellung von Prototypen zu verwenden. Hierbei kommen zwei Verfahren zum Einsatz: Beim ersten Verfahren, das vom Massachusetts Institute of Technology entwickelt wurde, wird ein pulveriges Material über eine Düsenanordnung schichtweise entsprechend dem herzustellenden Objekt mit Bindemittel versehen und das Bindemittel wird schichtweise ausgehärtet und bindet das Pulver ab. Bei diesem Verfahren wird nach dem Fertigstellen des Objekts das

überschüssige, ungebundene Pulver entfernt. Bei dieser Lösung besteht eine freie Wahlmöglichkeit hinsichtlich des Pulvers, wobei jedoch regelmäßig eine körnige Oberfläche verbleibt.

Bei einem weiteren Verfahren wird mittels der dreidimensionalen Drucktechnik über elektrostatische Tintenstrahldüsen ein an Luft aushärtendes Material aufgebracht. Dieses Material wird mit einem tintenstrahldruckerähnlichen Gerät, das eine erhöhte Anzahl von Düsen aufweist, aufgetragen. Aufgrund der erforderlichen Durchhärtung ist jedes Materialteilchen recht klein, so dass die Herstellung entsprechend lange Zeit benötigt.

Ferner sind weitere Verfahren zur schnellen Herstellung von Objekten bekannt geworden, die gemeinhin als "Rapid Prototyping"-Verfahren aufgeführt werden. Hierzu gehört die bereits in den 80er Jahren entwickelte Stereolithografie insbesondere der Firma 3D Systems Inc., die basierend auf CAD-Daten mittels eines Laserstrahls Material in Scheibenform abträgt. Derartige Vorrichtungen erfordern erhebliche Investitionskosten von beispielsweise einer halben oder einer Million DM.

Auch ist es vorgeschlagen worden, das Laser-Sinter-Verfahren zur Realisierung von Zahnersatzteilen zu verwenden. Auch dieses Verfahren erfordert seinem Namen entsprechend die Verwendung eines hochenergetischen Lasers, was verschiedene Nachteile mit sich bringt.

Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines Kunststoffteils, insbesondere eines Dentalrestaurationsteils, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 zu schaffen, das geringere Investitionskosten erfordert und eine rasche Herstellung des Kunststoffteils ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Anspruch 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich zunächst gegenüber dem bekannten Verfahren vergrößerte Tropfengrößen verwenden, nachdem die Durchhärtung mittels Lichtpolymerisation es erlaubt, eine einmal aufgetragene Schicht rasch zu festigen. Dies erlaubt es aber andererseits, mit preisgünstigeren Druckverfahren auszukommen, so dass die Anzahl der Düsen, die wesentlich zu den Herstellungskosten beiträgt, reduziert werden kann. Dennoch ergibt sich aufgrund der großen Tropfengröße ein rascher Aufbau des herzustellenden Kunststoffteils oder Objekts, wobei in besonders vorteilhafter Ausführung der Erfindung die Durchhärtung der gerade betrachteten Schicht nur unvollständig vorgenommen wird und erst durch die nachfolgende Schicht hindurch abgeschlossen wird. Dies ergibt zudem den besonderen Vorteil, dass die Schichten besser aneinander haften. Erfindungsgemäß ist es besonders günstig, eine Dentalrestauration aus ungefüllten polymerisierbaren Monomeren und/oder Oligomeren bereitzustellen. Eine derartige Dentalrestauration lässt sich in besonders günstiger Weise für eine Vollprothese, aber auch für eine Teilprothese verwenden. Derartige Prothesen weisen eine erhebliche Materialstärke auf, die sich erfindungsgemäß in gleichmäßig durchgehärteter Weise realisieren lässt.

Gegenüber dem bekannten Verfahren besteht lediglich die Notwendigkeit, die Düsenanordnung während der Lichthärtung optisch eindeutig abzuschirmen, um ein Verstopfen der Düsen durch intensive Lichtbestrahlung zu verhindern.

Geeignete Lichtquellen sind bekannt, wobei es bevorzugt ist, auch UV-Komponenten in dem Lichthärtspektrum vorzusehen.

Gemäß einem weiteren, besonders günstigen Aspekt der Erfindung lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren gerade auch in den

Zahnarztpraxen einsetzen. Es entstehen keine Fräsabfälle und sonstige Verunreinigungen; insofern ist das Verfahren vergleichbar mit dem Lichthärten, das der Zahnarzt bei der Verwendung von Lichthärtgeräten in dem Mund des Patienten ohnehin häufig ausführt.

Gemäß einem weiteren, besonders günstigen Gesichtspunkt lässt sich das erfindungsgemäße Monomer mit einer wachsartigen Substanz anreichern. Diese Substanz erlaubt es, die richtige Viskosität einzustellen, die ein Verlaufen nach Auftragen des jeweiligen Tröpfchens zur Schichtbildung verhindert, aber andererseits so gering ist, dass ein Durchtreten der Düse in der günstigen Weise möglich ist. Besonders vorteilhaft ist es, wenn diese wachsartige Substanz reaktive Gruppen enthält, die mit dem Monomer copolymerisieren können.

Die Drucktechnik, die erfindungsgemäß hier eingesetzt werden kann, entspricht im wesentlichen dem bewährten Tintenstrahl-Druckverfahren, wobei es sich versteht, dass die Düsenanordnung in der gewünschten Weise angepasst ist.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, den Schichtaufbau des herzustellenden Kunststoffteils so zu gestalten, dass die Farbgebung der Dentalrestauration durch die eingefärbten Materialien der natürlichen Färbung im Munde der Patienten angepasst ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Transparenz der jeweils aufgetragenen Schicht größer als die jeweils vorhergegangene, so dass die Dentalrestauration in vorbildlicher Weise der natürlichen Farbe der Mundsituation entspricht. Diese Ausgestaltung ist besonders vorteilhaft für die Herstellung von zahnfarbenen Kronen, Brücken, Inlays und Onlays.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale ergeben sich aus

der nachstehenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels.

Für die Erzeugung eines erfindungsgemäß hergestellten Zahnersatzteils wird ein bereits auf dem Markt erhältlicher Drucker für das dreidimensionale Druckverfahren, der für das vorstehend erläuterte MIT-Verfahren bestimmt ist, mit polymerisierbarem Dentalmaterial aus einem polymerisierbaren Monomer oder Oligomer einem Polymerisationsinitiator und einer wachsartigen polymerisierbaren Substanz beschickt. Als wachsartige Substanz wird der Ester eines Alkohols mit einem polymerisationsfähigen Karbonsäurederivat verwendet.

Nach dem Auftrag einer jeden oder mehrerer Schichten wird der Druckkopf mit der Düsenanordnung über eine schwarze Lichtschutzklappe, die über ein Gelenk von dem Druckkopf bewegt wird und diesen optisch von dem Kunststoffmaterial trennt, abgeschirmt. Sobald diese Parkstellung des Druckkopfes erreicht ist, wird eine recht starke Halogenlampe mit hohem UV-Anteil eingeschaltet und für wenige Sekunden eine Lichthärtung vorgenommen. Hieraufhin wird die Lampe ausgeschaltet und die nächste Schicht aufgetragen. Dieser Zyklus wird wiederholt, bis das Zahnersatzteil vollständig erzeugt ist. Anschließend hieran wird eine Warmhärtung vorgenommen, die die vollständige Auspolymerisierung sicherstellt.

In einem modifizierten Verfahren wird anstelle des Ausschaltens die Lichtquelle optisch abgeschirmt, während der Druckkopf die nächste Schicht aufträgt. Hierdurch ist die Lebensdauer der Lichtquelle verbessert.

Zusammenfassung

Es ist ein Verfahren zur Herstellung eines Kunststoffteils vorgesehen, bei dem eine Unterlage bereitgestellt und auf diese wenigstens ein Material für das Kunststoffteil schichtweise über eine Düsenanordnung aufgetragen wird. Nach dem Auftragen einer oder mehrerer Schichten erfolgt eine Aushärtung erfolgt, bevor weitere Schichten aufgetragen werden. Die Schicht ist ein polymerisierbarer Kunststoff mit einer solchen Viskosität, daß die Verarbeitung des Kunststoffes mit der Düsenanordnung in unpolymerisiertem Zustand erfolgen kann. Die Schicht wird von der Düsenanordnung beabstandet polymerisiert.